

# Sistem Pergerakan Robot Kiper Beroda Menggunakan Metode Wall Follower Berbasis Image Processing

Risfendra<sup>1\*)</sup> Asfinaldi<sup>2)</sup>, Habibullah<sup>3)</sup> dan Julisardi<sup>4)</sup>

<sup>1, 2,3,4)</sup> Fakultas Teknik Elektro, Universitas Negeri Padang, Indonesia  
Corresponding Email: <sup>\*)</sup> risfendra@ft.unp.ac.id

**Abstract** – *One of Indonesian Robot Contest divisions is the Indonesia wheeled soccer robot contest. There are three players called the striker, defense and goalkeeper robot, which is driven by wheels that controlled based on three aforementioned positions. This study aims build the goalkeeper robot equipped with image processing to detect the ball using a camera sensor that installed in the the robot system. The Image processing constructed using the python programming language with OpenCV library. The results of image processing are used as input data that controlled by Arduino Mega 2560, which is connected serially to the PC's USB port. The results shows the maximum linear velocity that can be achieved is 1.59 m/s. Furthermore, the efficiency ratio of analysis data to the actual distance is 86.77 %*

**Key words:** *OpenCV, Omniwheel, linier velocity, rpm*

## I. PENDAHULUAN

Untuk mendorong perkembangan dunia robotika di Indonesia maka Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi mengadakan program Kontes Robot Indonesia. Program ini bertujuan untuk meningkatkan keilmuan dan kreativitas mahasiswa dalam ilmu robotika. Hasil dengan diadakannya kontes robot berbanding lurus dengan prestasi anak bangsa Indonesia pada tingkat Internasional. Salah satu cabang yang diperlombakan adalah Kontes Robot Sepak Bola Beroda Indonesia (KRSBI). Robot KRSBI merupakan robot beroda yang memiliki tiga peran yaitu robot penyerang, robot pertahanan dan robot kiper, dengan penggerak berupa roda-roda yang dikontrol untuk melakukan dari ketiga peran yang telah disebutkan.

Pada robot kiper dibutuhkan pengolahan citra untuk mendeteksi bola. Proses pengolahan citra yang digunakan berupa segmentasi warna dengan penentuan koordinat objek. Segmentasi warna memiliki reliabilitas kurang baik karena pengaruh pencahayaan lingkungan. Untuk mengatasi diperlukan perbaikan citra agar mengenali bentuk-bentuk dari objek yang dideteksi, sehingga mendapatkan hasil pengolahan citra yang baik [1]. Algoritma dalam pengambilan keputusan pada robot kiper menggunakan kamera HaViMo2 sebagai input warna, mempunyai kekurangan dalam mengidentifikasi pola dari faktor cahaya yang timbul dalam mendeteksi warna. Algoritma yang digunakan pada robot ini dengan menjatuhkan badan robot dengan merentangkan kaki robot [2].

Robot *soccer* mendeteksi sebuah bola berdasarkan bentuk dan warna bola. Prinsipnya dari kendali *visual* untuk memberikan kecerdasan untuk mengenali objek bola. Dalam pemrosesan pengolahan citra digunakan filter morfologi dengan metode mencocokkan warna dan bentuk benda. Hasil dari pengolahan citra digunakan untuk menentukan titik tengah dari suatu objek yang dideteksi [3]. Robot kiper melakukan pergerakan untuk menghadang bola yang datang. Ketika robot mendeteksi bola, robot akan berusaha untuk memposisikan robot agar posisi lurus dengan bola sehingga bola dapat dihadang. Daerah dari gerak robot dibatasi oleh gawang yang dijaga pada robot kiper.

Dalam pengembangan robot kiper masih banyak tantangan yang harus dihadapi, salah satunya bagaimana robot beroda dapat bergerak dengan dinamis dan efisien. Dalam beberapa penelitian robot *soccer* beroda ada yang mempunyai penggerak tiga roda *omni* dan mempunyai penggerak empat roda *omni*. Jenis roda yang digunakan menggunakan roda *omniwheel*. Robot kiper dengan penggunaan 4 roda *omni* lebih seimbang dalam bergerak ke segala arah. Sedangkan dengan menggunakan 3 roda *omni* lebih bebas dalam bergerak [4]. Gerakan dasar pada robot kiper beroda dengan bergerak kekanan dan kekiri. Dengan menggunakan sistem *differential drive* robot beroda dapat bergerak lebih dinamis ke segala arah yang disebut dengan pergerakan *holonomic*. Namun pergerakan robot kiper mengutamakan pergerakan kekiri dan kekanan.

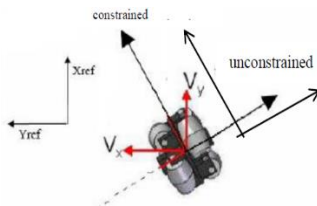
Pada penelitian sebelumnya yang berjudul “Perancangan Object tracking Robot Berbasis Image Processing Menggunakan Raspberry Pi” dimana pada penelitian tersebut membuat robot bergerak menggunakan roda dengan mengikuti objek, kekurangan pada robot ini tidak menggunakan roda *omniwheel* dalam pergerakannya sehingga pergerakan tidak dinamis dan tidak efisien [5]. Pada penelitian selanjutnya, yaitu tahun 2016 dibuat implementasi metode *wall follower* dalam robot pemadam api beroda dengan judul “Implementasi Maze Solving Menggunakan Metode Wall Follower untuk KRPAI 2016 Divisi beroda” [6], pada penelitian tersebut menerapkan pada metode *wall follower* pada robot pemadam api beroda.

Penelitian tentang pergerakan robot kiper telah dilakukan oleh Ardhan dan Nugroho [7] dengan

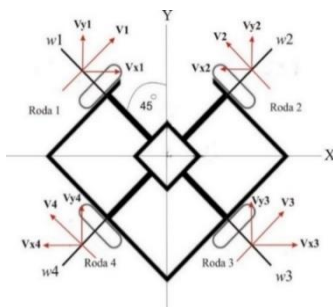
menerapkan sistem pergerakan *differential drive* dengan empat buah roda *mecanum wheel* dengan kecepatan pergerakan robot kiper 0,5 m/s.

Penelitian ini menyajikan pengembangan sistem pergerakan robot kiper beroda, yang membahas efisiensi pergerakan robot kiper beroda menggunakan roda *omniwheel* dengan konfigurasi X dengan kelebihan dapat bergerak secara dinamis dan efisien. Model yang dirancang berdasarkan pendekatan waktu bergerak robot terhadap jarak sebenarnya terhadap efisiensi pergerakan robot kiper. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan efisiensi pergerakan robot kiper beroda menggunakan *omniwheel*.

Kinematika salah satu cabang dari matematika yang membahas dari pergerakan disuatu benda, yang mana tidak mempersoalkan gaya dari penyebab gerakan. Dalam kinematika pengontrolan robot kiper menggunakan kinematika 4 roda *omni-directional*. Dalam Perhitungan kinematika robot digunakan perubahan posisi robot beroda diantara koordinat global dan koordinat *internal* pada robot beroda [8]. Pada model robot kiper menggunakan konfigurasi dari 4 kombinasi roda *omni* dimana setiap roda *omni* terpisah sejauh 90° dan terhadap pada sumbu tegak sejauh 45°. Untuk arah dari gerak masing-masing roda *omni* dapat dilihat pada Gambar 1. Konfigurasi 4 *omni-directional* dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 1.** Kinematik dari sebuah penggerak *Omni-Directional* [9]



**Gambar 2.** Kinematika dari *system* pergerakan 4 *omni-directional*

Keterangan pada Gambar 2:

$v1, v2, v3, v4$  = kecepatan linier (m/s)

$\omega1, \omega2, \omega3, \omega4$  = kecepatan angular (rad/s)

Dengan susunan pada Gambar 2 membuat semua roda *omni* dapat bergerak untuk bertranslasi kearah tertentu sesuai dengan di program. Dengan gabungan pergerakan setiap roda *omni*, sehingga robot mampu bertranslasi tanpa adanya hambatan. Berdasarkan Gambar 1 dan

Gambar 2, persamaan kinematika pada sistem pergerakan empat *omniwheel* didapatkan :

$$v_a = \sin 45^\circ (v_{y1} + v_{y2} + v_{y3} + v_{y4}) \dots \dots \dots (1)$$

$$v_b = -\sin 45^\circ (v_{y1} + v_{y2} + v_{y3} + v_{y4}) \dots \dots \dots (2)$$

$$v_c = -\cos 45^\circ (v_{y1} + v_{y2} + v_{y3} + v_{y4}) \dots \dots \dots (3)$$

$$v_d = \cos 45^\circ (v_{y1} + v_{y2} + v_{y3} + v_{y4}) \dots \dots \dots (4)$$

Maka dari persamaan (1) sampai persamaan (4) ditulis kedalam bentuk matriks dapat dilihat pada persamaan (5).

$$\begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \\ v_d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{2}/2 & \sqrt{2}/2 & \sqrt{2}/2 & \sqrt{2}/2 \\ -\sqrt{2}/2 & -\sqrt{2}/2 & -\sqrt{2}/2 & -\sqrt{2}/2 \\ -\sqrt{2}/2 & -\sqrt{2}/2 & -\sqrt{2}/2 & -\sqrt{2}/2 \\ \sqrt{2}/2 & \sqrt{2}/2 & \sqrt{2}/2 & \sqrt{2}/2 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} v1 \\ v2 \\ v3 \\ v4 \end{bmatrix} \dots \dots \dots (5)$$

Untuk rumus untuk mencari kecepatan ditujukan pada persamaan (6).

$$v = s/t \dots \dots \dots (6)$$

Diketahui bahwa  $\omega = v/r$ ,  $\omega = 2\pi * f$ , dengan  $r$  = jari – jari roda (m), dengan  $f$  = frekuensi putaran roda (Hz), dengan  $s$  = jarak (m) dan  $t$  = waktu (s), sehingga didapatkan penurunan persamaan baru yang dapat dilihat pada persamaan (7) sampai persamaan (10).

$$v_a = (\sqrt{2} * \pi * r) (f1 + f2 + f3 + f4) \dots \dots \dots (7)$$

$$v_b = (\sqrt{2} * \pi * r) (-f1 - f2 - f3 - f4) \dots \dots \dots (8)$$

$$v_c = (\sqrt{2} * \pi * r) (-f1 - f2 - f3 - f4) \dots \dots \dots (9)$$

$$v_d = (\sqrt{2} * \pi * r) (f1 + f2 + f3 + f4) \dots \dots \dots (10)$$

Keterangan :

$v_a$  = Kecepatan linier gerak maju (m/s)

$v_b$  = Kecepatan linier gerak mundur (m/s)

$v_c$  = Kecepatan linier gerak ke kiri (m/s)

$v_d$  = Kecepatan linier gerak ke kanan (m/s)

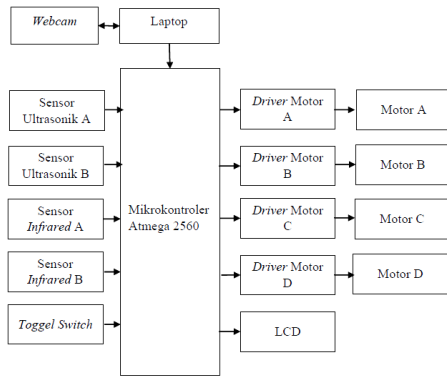
Jika nilai frekuensi putaran roda sama, kita dapat perumusan baru yang dapat dilihat pada persamaan (11).

$$v = 4 * \sqrt{2} * \pi * r * f \dots \dots \dots (11)$$

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Blok Diagram

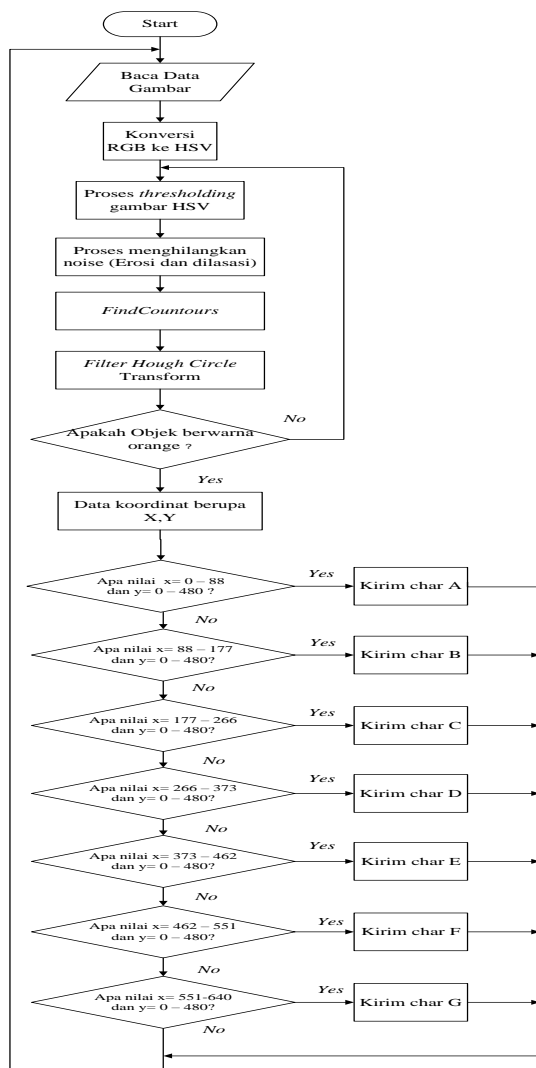
Pada bagian blok diagram, *input* akan dimulai dari pembacaan video secara *realtime*, selanjutnya diolah menggunakan pengolahan citra pada PC. Hasil dari pengolahan citra dikirim ke mikrokontroler, kemudian dari data yang diterima akan diolah untuk mengerjakan robot kiper. Untuk lebih jelasnya, diagram blok pada Gambar 3 memberikan gambaran I/O alat.



Gambar 3. Diagram blok alat

### B. Cara Kerja Alat

Prinsip kerja alat secara keseluruhan diatur oleh *Personal Computer* (PC) sebagai pemrosesan pengolahan citra. Hasil dari pengolahan citra ini akan mendapatkan data koordinat citra. Dari data kordinat dikirimkan ke Arduino Mega yang selanjutnya di kirim ke *driver motor* untuk mengontrol arah dan kecepatan motor. Untuk lebih jelas prinsip kerja alat dapat dijelaskan pada melalui *flowchart* pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengolahan citra

Tahap pertama yang dilakukan oleh sistem adalah inisialisasi kamera dilanjutkan *webcam* membaca gambar. Gambar yang diterima oleh PC diubah ke model warna HSV. Setelah itu citra di proses *threshold* gambar HSV, penentuan nilai HSV agar dapat mendeteksi warna *orange* bola. Dari proses *threshold* memiliki *noise-noise* maka untuk memperbaiki citra digunakan fungsi transformasi morfologi untuk menghilangkan *noise*. Transformasi ini menggunakan erosi dan dilasi.

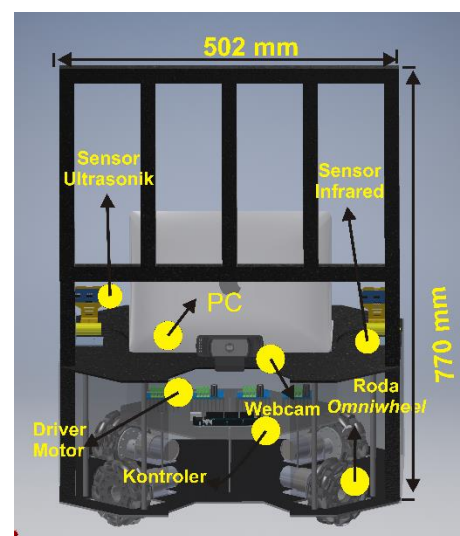
Setelah melakukan perbaikan citra maka selanjutnya masuk ke proses deteksi menggunakan *hough circle transform* berfungsi untuk mendeteksi tepi objek berupa lingkaran. Setelah itu masuk ke fungsi *Find Contours*, fungsi ini untuk menghubungkan titik-titik yang saling berhubungan, sehingga membentuk suatu bidang objek. Setelah melalui proses perbaikan citra maka didapatkan nilai pada sumbu x dan sumbu y. Jika fungsi x bernilai 55 dan pada sumbu y bernilai 300 maka PC akan mengirimkan data char A ke Arduino Mega.

### C. Perancangan Hardware

Sebagai bagian dari perancangan, *hardware* juga menjadi peran penting dalam membentuk sistem alat. Perancangan *hardware* bertujuan untuk menentukan tata letak dari peralatan yang akan dibuat.

#### 1. Perancangan Desain Alat

Desain pada alat ini telah dibuat berdasarkan *rule KRSBI Beroda* dengan ukuran panjang dan lebar robot antara 30 hingga 52 cm, tinggi robot antara 40 hingga 80 cm [10]. Pada perancangan mekanik didesain dengan *software Autodesk Inventor*, mekanik yang dibuat menggunakan *software Autodesk Autocad* dalam proses pemotongan plat *aluminium*. Adapun bahan untuk membuat mekanik robot terdiri dari plat *aluminium* dan *acrylic*. Tujuan pemilihan dari bahan mekanik diatas agar robot tetap kuat saat bermanuver maupun saat berbenturan. Pada lantai pertama robot kiper digunakan plat *aluminium* dengan tebal 3 mm. Lantai kedua digunakan *acrylic* dengan tebal 2 mm.

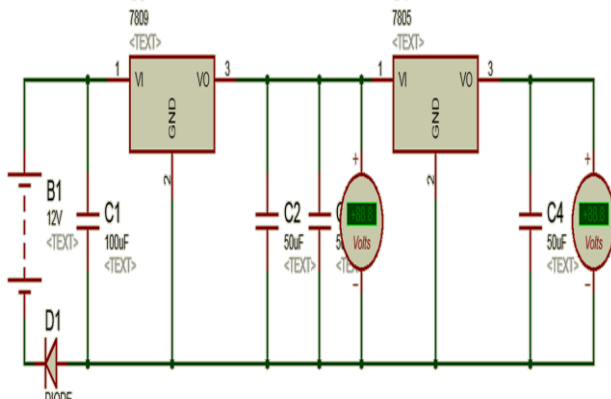


Gambar 5. Bentuk perancangan mekanik robot kiper

Pada Gambar 5 menunjukkan ukuran robot kiper dan komponen yang ada pada robot. Didalam *box* kontrol robot terdapat kontroler Arduino Mega 2560, *driver* motor, dan rangkaian regulator tegangan. *Box* kontrol yang terletak di atas basis bawah pada robot kiper yang telah dirancang. Desain roda dan penempatan motor untuk pergerakan pada robot kiper didesain menggunakan 4 motor dengan menggunakan roda *omni* dengan ukuran 100 mm, sehingga memungkinkan robot untuk dapat bergerak kesegala arah.

## 2. Perancangan Rangkaian Regulator Tegangan

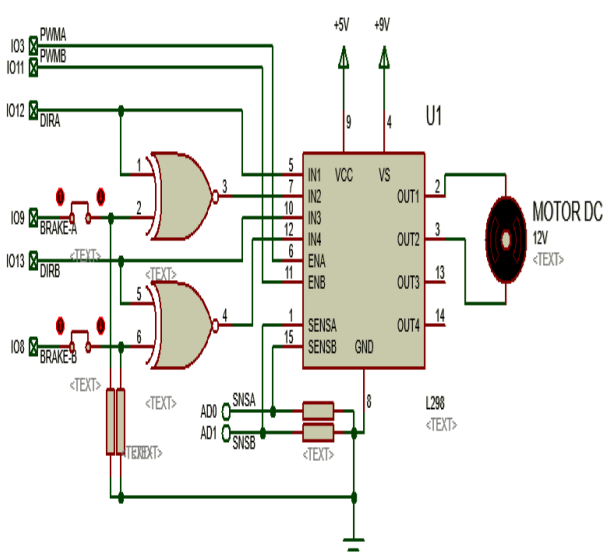
Rangkaian regulator tegangan ini berguna untuk menurunkan tegangan baterai dari 12 vdc menjadi 9 vdc berguna untuk menyuplai Arduino Mega. Dari tegangan 9 vdc diturunkan menjadi 5 vdc berguna dalam menyuplai tegangan sensor. Tegangan 12 vdc dari baterai digunakan untuk menyuplai driver motor. Untuk lebih detail, Gambar 6 menunjukkan bentuk rangkaian regulator tegangan.



**Gambar 6.** Rangkaian regulator tegangan

### 3. Perancangan Rangkaian *Driver* Motor

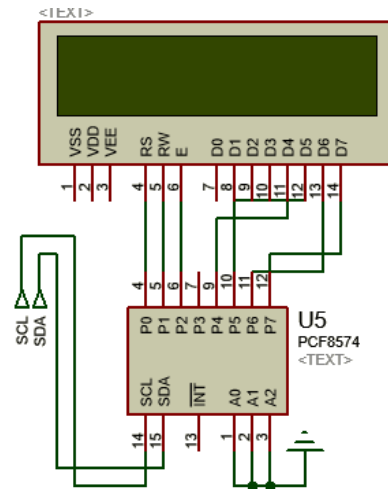
Pada rangkaian *driver* motor digunakan untuk pengatur kecepatan putaran motor pada robot kiper dan mengatur arah kecepatan motor dc. Gambar 7 menunjukkan rangkaian *driver* motor dc



**Gambar 7.** Rangkaian *driver* motor

#### 4. Perancangan Rangkaian I2C LCD

Rangkaian I2C LCD adalah sebagai rangkaian penampil. Rangkaian ini digunakan untuk menghubungkan LCD dengan mikrokontroler sebagai komunikasi I2C. Bentuk rangkaian I2C LCD seperti yang terlihat pada Gambar 8.



### Gambar 8. Rangkaian I2C LCD

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hasil dan pembahasan, akan dilakukan beberapa pengujian dan analisa pada seluruh bagian *input* dan *output* alat. Analisa sensor alat dilakukan guna mengetahui apakah sensor berfungsi dengan baik sebagai *input* dan sesuai dengan yang telah direncanakan. Pengujian pertama dengan satu buah motor dan satu buah *driver* motor. Pada pengujian ini melakukan pengujian dengan memberikan *input* logika *high* (1) dan *low* (0). Hasil dari pengujian arah dari putaran motor dapat dilihat pada Tabel 1.

**Table 1.** Pengujian Arah Putaran Motor

No	Mout 1	Mout 2	Kondisi Motor
1	1	0	Motor berputar searah jarum jam
2	0	1	Motor berputar berlawanan arah jarum jam
3	0	0	Motor tidak berputar
4	1	1	Motor tidak berputar

Selanjutnya pengujian pergerakan robot beroda menggunakan 4 buah roda *omniwheel*. Pengujian arah putaran empat buah motor pada robot beroda dapat dilihat pada Tabel 2.





**Table 2.** Pengujian arah putaran empat buah motor pada robot

No	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4	Arah Pergerakan Robot Kiper				
1	1	0	0	1	1	0	1	0	Maju
2	0	1	1	0	0	1	0	1	Mundur
3	0	1	0	1	0	1	1	0	Ke kiri
4	1	0	1	0	1	0	0	1	Ke kanan
5	1	0	0	0	1	0	0	0	Maju Serong Kanan
6	0	0	0	1	0	0	1	0	Maju Serong Kiri
7	1	0	0	1	1	0	1	0	Putar Kekiri
8	0	1	1	0	0	1	0	1	Putar Kekananan



Pengujian dalam penentuan rpm pada saat robot dijalankan dilakukan beberapa pengujian untuk mendapatkan kecepatan putaran motor, dapat dilihat pada Tabel 3.

**Table 3.** Data jarak terukur dengan beberapa pengujian

No	PWM	Bentuk Gelombang PWM	Analisa Penghitungan Jarak			Pengukuran Tegangan Driver Motor (vdc)			
			Kecepatan Linier Maju (m/s)	Waktu (s)	Jarak terukur (m)	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4
1	63,75		1,35	1	1,35	12,01	12,01	12,01	12,01
2	127,5		1,58	2	3,17	8,95	8,95	8,95	8,95
3	191,25		1,65	3	4,95	6,01	6,01	6,01	6,01
4	255		1,87	4	6,29	3,00	3,00	3,00	3,00

Dapat dilihat pada Tabel 3 bahwa semakin besar nilai PWM yang diberikan maka kecepatan linier semakin cepat. Dengan menggunakan rumus pada persamaan (11), dapat dicari nilai  $f$  :

$$v = 4 \cdot \sqrt{2} \cdot \pi \cdot r \cdot f$$

$$1,612 = 4 \cdot 1,414 \cdot 3,14 \cdot 0,05 \cdot f$$

$$f = 1,815 \text{ Hz}$$

$$f = 108,9 \text{ rpm}$$

Didapatkan rpm motor sebesar 108,9 rpm dengan melakukan beberapa pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 3. Pada analisis pergerakan dapat dilakukan dengan menghitung kecepatan linier dengan menggunakan persamaan (11). Pada robot kiper beroda menggunakan *omniwheel* dengan menggunakan motor dc 12 vdc dengan diameter roda 100 mm, dengan frekuensi rotasi motor sebesar 108,9 rpm, dapat kita menghitung kecepatan dan pengujian jarak tempuh dapat dilihat pada Tabel 4.

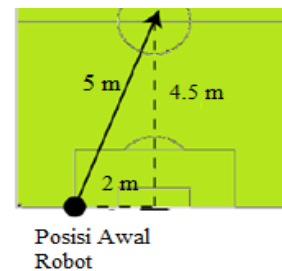
**Table 4.** Pengujian Hubungan antara rpm dengan jarak tempuh

NO	Revolution per Minute (rpm)	PWM	Analisa Jarak			Jarak Terukur (m)	Efisiensi (%)
			Kecepatan Linier (m/s)	Waktu (s)	Jarak Sebenarnya (m)		
1	23,18	63,75	0,39	2	0,78	0,48	61,53%
2	23,18	63,75	0,39	4	1,56	1,05	67,30%
3	54,42	127,5	0,79	2	1,58	1,35	85,44%
4	54,42	127,5	0,79	4	3,16	2,82	89,24%
5	81,66	191,25	1,19	2	2,38	2,30	96,63%
6	81,66	191,25	1,19	4	4,76	4,62	97,05%
7	108,9	255	1,59	2	3,18	3,12	98,11%
8	108,9	255	1,59	4	6,36	6,29	98,89%
Rata-rata efisiensi							86,77%

Dari Tabel 4 dapat dilihat hasil dari percobaan menunjukkan rata-rata efisiensi pergerakan robot beroda sebesar 86,77%. Semakin besar nilai PWM maka kecepatan motor DC semakin besar. Untuk nilai kecepatan motor saat PWM 255 didapatkan kecepatan

linier sebesar 1,59 m/s dengan jarak terukur sejauh 6,29 meter dengan besaran efisiensi dari pergerakan sinyal PWM 255 didapatkan efisiensi yang baik. Dari hasil pengujian memberikan perbaikan kecepatan pergerakan 1,59 m/s dengan efisiensi pergerakan 86,77% dibandingkan dari penelitian Ardhan dan Nugroho [7] yang memiliki kecepatan pergerakan robot 0,5 m/s.

Selanjutnya pengujian pergerakan robot pada saat memulai pertandingan. Berdasarkan *rule* KRSBI Beroda untuk aturan *kick off*, jika setelah 7 detik *kick off* tidak dilakukan, maka lawan boleh mendekati bola dan menendang langsung ke gawang. Tetapi, bagi pelaku *kick off*, setelah 7 detik, goal hanya boleh dilakukan setelah paling sedikit disentuh oleh 2 robot [10]. Jarak ke tengah lapangan dilihat pada Gambar 9.



**Gambar 9.** Pengolahan Citra

Analisis waktu robot beroda untuk dapat bergerak 4 detik menuju ke tengah lapangan. Dengan diasumsikan pergerakan robot serta semua roda bergerak pada frekuensi sama, dapat dihitung kecepatan linier dengan menggunakan persamaan (6):

$$v = s/t$$

$$v = 5m/4s$$

$$v = 1,25 \text{ m/s}$$

Dengan menggunakan persamaan (11), didapatkan nilai  $f$ :

$$v = 4 \cdot \sqrt{2} \cdot \pi \cdot r \cdot f$$

$$1,25 = 4 \cdot 1,41 \cdot 3,14 \cdot 0,05 \cdot f$$

$$f = 1,25/0,88$$

$$f = 1,42 \text{ Hz}$$

$$f = 85,2 \text{ rpm}$$

Untuk dapat bergerak dengan jarak 5 meter dengan waktu 4 detik diperlukan kecepatan frekuensi putaran roda sebesar 85,2 rpm.



**Gambar 10.** Mekanik robot tampak samping

Mekanik robot kiper yang bagus dan presisi dapat pengaruh besar terhadap kinerja dan manuver dari robot tersebut. Gambar 10 merupakan mekanik robot kiper. Keempat roda robot kiper menggunakan roda *omni* dengan diameter 100 mm. Pada robot kiper terdapat kontroler Arduino Mega 2560, *driver* motor, rangkaian I2C LCD dan regulator tegangan. Pada robot kiper terdapat sensor sebagai input dalam pergerakan robot terdiri dari sensor ultrasonik, sensor *infrared* dan kamera *webcam* sebagai sensor utama dalam menangkap gambar dari pergerakan bola *orange* secara *realtime*. Pengujian mekanik dengan menjalankan robot kiper didapatkan robot kiper dapat bergerak dengan baik dan menghadang bola yang datang dengan kecepatan linier maksimal sebesar 1,59 m/s. .

Pada robot kiper menggunakan sensor ultrasonik mengukur jarak robot ke dinding gawang untuk memetakan dan mengetahui kondisi lingkungan dari robot dan menggunakan sensor *infrared* untuk mendeteksi halangan tiang gawang pada saat bergerak. Selain mendeteksi halangan juga digunakan saat robot bermanuver di dalam gawang dengan metode *wall follower* dengan algoritma telusur dinding dengan menerima input dari sensor ultrasonik dan sensor *infrared*. Dari hasil pengujian dilakukan didapatkan efisiensi pergerakan robot kiper dalam bermanuver sebesar 86,77%

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa alat dapat bekerja dengan baik dalam mendeteksi warna bola dan pergerakan robot sesuai dengan analisis yang dilakukan. Kecepatan linier maksimal yang dapat ditempuh robot sebesar 1,59 m/s. Besaran efisiensi dari pengujian analisis waktu bergerak dengan jarak sebenarnya sebesar 86,77% yang didapat dari Tabel 4.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak Universitas Negeri Padang yang memberikan dukungan dalam penelitian ini, kepada pembimbing dan seluruh tim Unit Kegiatan Robotik dan Otomasi Universitas Negeri Padang yang telah membantu selama proses penelitian yang telah dilakukan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Febrianto, E., Abdullah Faqih, A. M., Andi Gumarilang, C. A., Zakiyyatuddin, A., Edwiranda, B., Beny Maulana, A., ... and Arindadewi, R. (2017). Pengembangan Platform Robot Sepak Bola Beroda. *The 5th Indonesian Symposium on Robotic System and Control (ISRC)*, 55-60.
- [2] Risfendra, Idaman, F., Fasiha, S. N., Purwanto. (2013). Algoritma Pengambil Keputusan Pada Kiper Robot Sepak Bola. *Indonesian Symposium on Robot Soccer Competition 2013(ISRSC)*,90-93.
- [3] Fadlullah, M., Ainur Darussalam, D., Maulana, Moh, Rovicky, M., Erfina Hadi, M., Syafarinda, Y., and Yogiswara (2017). Implementasi Filter Morfologi Untuk Menghilangkan Noise Objek Pada Robot Sepak Bola. *The 5th Indonesian Symposium on Robotic System and Control (ISRC)*, 44-48.
- [4] Wibowo, I. K., Mobed Bachtiar, M., Bayu , B. S., Labiyb Afakh, M., Adryantoro P, R., Abdul Haq, M., ... and Arman Y, A. (2018). Penentuan Posisi Robot Menggunakan *odometry Omniwheel*. *The 6th Indonesian Symposium on Robotic System and Control (ISRC)*, 11-13.
- [5] Prianggodo, Laksono Budi. (2016). Perancangan Object Tracking Robot Berbasis Image Processing Menggunakan Raspberry Pi. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [6] Subagja, Ricky. (2016). Implementasi Maze Solving Menggunakan Metode Wall Follower untuk KRPAI 2016 Divisi Beroda. Bandung: Universitas Kristen Maranatha.
- [7] Nugroho, Gidion Siwi and Ardhian, Dani Septya. (2018). Perancangan Sistem Gerak pada Robot Kiper R2C-WARRIOR. *The 6th Indonesian Symposium on Robotic System and Control (ISRC)*, 34-37.
- [8] Hudaya, A. F., Putri, D. H., Sabillah, A. R., and Kurnia, M. (2018). Sistem Pergerakan Robot pada Robot Bola Beroda Tim CHAKRAMAKARA UI. *The 6th Indonesian Symposium on Robotic System and Control (ISRC)*, 47-49.
- [9] Al-Amri, A. Salam and Iman Ahmed. (2010). Control of Omni-Directional Mobile Robot Motion. *Al-Khawarizmi Engineering Journal*. Vol. 6, No. 4, pp. 1-9.
- [10] Ristekdikti. (2018). Panduan KRSBI beroda 2018. Jakarta Pusat: Ristekdikti.